硝酸銀溶液噴霧法における硝酸銀溶液の濃度変化による影響

木更津工業高等専門学校　学生会員　○鈴木　健二
同上　正会員　青木　優介
同上　正会員　嶋野　慶次
東電工業株式会社　佐藤　一也

１．はじめに

塩害環境下にある鉄筋コンクリート構造物の内部鉄筋の腐食原因の推定には，JSCE-G573-2010 実構造物におけるコンクリート中の全塩化物イオンの測定方法(案)[1)]が用いられている．しかし本方法の実施については，以下に挙げる問題点があると考えられる．

① （中世化深さの測定のように）塩化物イオン（Cl^-）の滲入状況を即座に，かつ，視覚的に確認できない．
② 全 Cl^-量の測定に手間と費用がかかる．
③ 実際のコンクリートの鋼材腐食発生限界塩化物イオン濃度（C_{lim}）に対応していない[2)]．

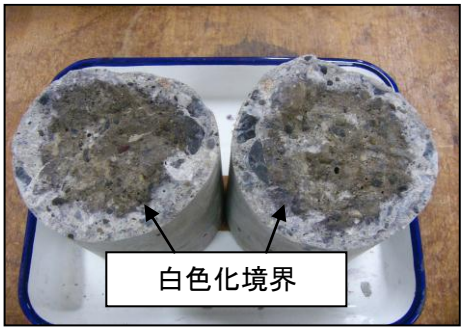
著者らは，硝酸銀溶液噴霧法にて白色化する境界（白色化境界，**図－１**）位置の Cl^-量（C_b）を硬化体の実際の C_{lim} に一致させることができれば，上記①～③の問題点を解消できると報告している[3)]．C_b と C_{lim} とを一致させる手段として，噴霧する硝酸銀溶液の濃度を変えることが考えられる[3)]．本研究では噴霧する硝酸銀溶液の濃度が C_b におよぼす影響について実験的に検討する．

２．実験方法

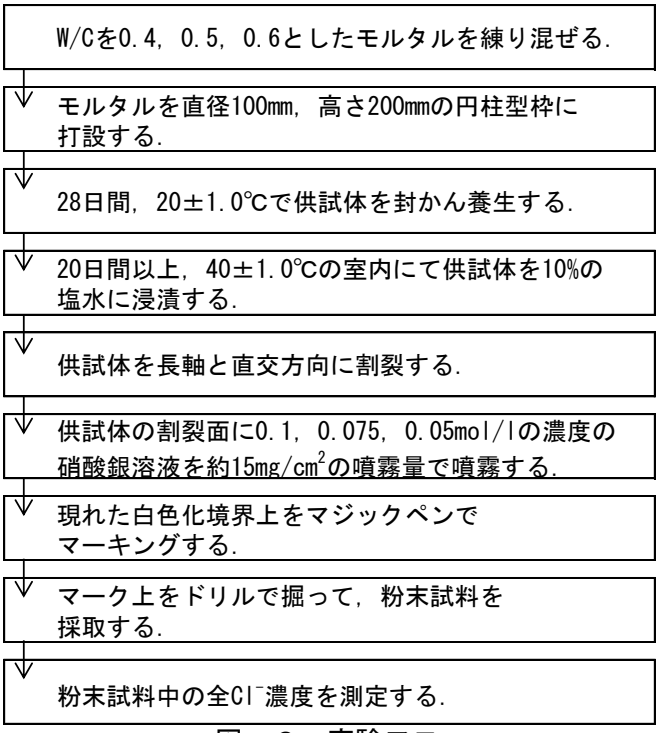
実験の流れを**図－２**に示す．また，供試体に用いるモルタルの配合を**表－１**に示す．なお，これらの配合は，**表－２**に示す仮想コンクリートの配合に基づいて決定されている．仮想コンクリートの各配合における粗骨材分の体積を，各々の割合が変わらないように，水，セメント，細骨材，空気量に振り分けた配合が**表－１**に示すモルタルの配合である．

表－１　モルタルの配合

W/C	s/a	Air(%)	単位量(kg/m^3)			
			W	C	S	Ad
0.4	0.1	7.9	246	615	1266	1.84
0.5			270	540		1.62
0.6			289	481		1.44



図－１　白色化境界



図－２　実験フロー

表－２　仮想コンクリートの配合と使用材料

W/C	s/a	Air(%)	単位量(kg/m^3)				
			W	C	S	G	Ad
0.4	0.45	5.0	155	388	798	1031	1.16
0.5			170	340			1.02
0.6			182	303			0.90

W/C　：水セメント比
s/a　：細骨材率
W　：水道水
C　：普通ポルトランドセメント(密度3.15g/cm^3)
S　：細骨材(千葉県君津産山砂，密度2.64g/cm^3，F.M.2.12)
G　：粗骨材(北海道上磯産砕石，密度2.79g/cm^3，F.M.6.43)
Ad　：AE剤(アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤)

キーワード　塩害，鋼材腐食発生限界塩化物イオン濃度，硝酸銀溶液噴霧法，白色化境界，噴霧量
連絡先　〒292-0041　千葉県木更津市清見台東 2-11-1　木更津高専青木教員室　ＴＥＬ0438-30-4155

表－３　各供試体から採取した粉末試料中の全 Cl^- 濃度とコンクリート中の全 Cl^- 量への換算結果

硝酸銀溶液濃度 (mol/l)	硝酸銀溶液の噴霧量(mg/cm^2)	供試体W/C (%)	絶乾供試体の単位体積質量(kg/m^3)	試料中の全Cl^-の割合(%)	粗骨材が占める体積割合(m^3/m^3)	白色化境界上の C_b(kg/m^3)
0.05	約15	40	1970	0.267	0.370	3.31
		50	1940	0.225		2.75
		60	1860	0.172		2.02
0.075		40	1970	0.305		3.79
		50	1940	0.275		3.36
		60	1860	0.289		3.39
0.10		40	1970	0.364		4.52
		50	1940	0.369		4.51
		60	1860	0.376		4.41

白色化境界をマークした後，直径 3mmのドリル刃を用いて削孔し，粉末試料を採取する．採取された粉末試料に含まれる全 Cl^- 濃度を，JIS A 1154-2003 硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験法のうち，電位差滴定法により測定する．各供試体から採取した粉末試料中の全 Cl^- 濃度を，当該モルタルと粗骨材により構成されるコンクリートでの全 Cl^- 量，すなわち C_b に換算する．換算方法は粉末試料中の全Cl^-濃度に絶乾状態とした各供試体の単位体積質量を乗じ，これにコンクリート中に占めるモルタルの体積割合（＝１－粗骨材が占める体積割合）を乗じるものとする．

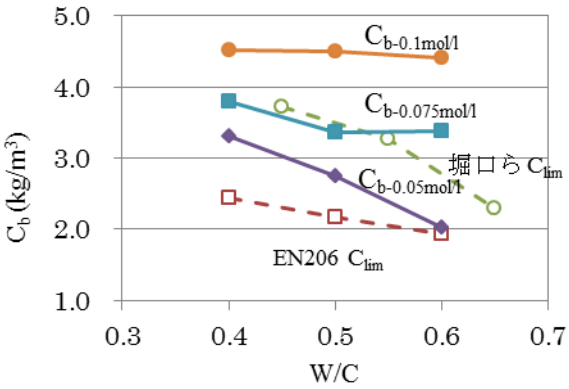
３．実験結果

各供試体から採取した粉末試料中の全Cl^-濃度の測定結果と，この濃度を仮想コンクリートにおける C_b に換算した結果を**表－３**に示す．また，C_b と W/C との関係を**図－３**に示す．ここには，堀口らが報告する C_{lim} 及び EN206 の規定(セメント質量の 0.4%) により計算された C_{lim} も付け加える．

図－３より，同じ W/C では，硝酸銀溶液の濃度が高いほど C_b が大きくなっている．同じ硝酸銀溶液の濃度では，W/C が高くなるほど C_b が小さくなっている．その下がり方の傾向は，硝酸銀溶液の濃度が低くなるほど顕著となっている．また，0.075mo/l の濃度の硝酸銀溶液を噴霧した場合，C_b は堀口らが報告する C_{lim} にほぼ一致するといえる．一方，EN206 の規定により計算された C_{lim} に一致させるためには，硝酸銀溶液の濃度を 0.05mol/l よりも低くする必要があるといえる．

４．まとめ

硝酸銀溶液噴霧法により現れる白色化境界上の全塩化物イオン濃度（C_b）をそのコンクリートにおける鋼材腐食発生限界濃度（C_{lim}）に一致させるため，



図－３　C_bの比較

噴霧する硝酸銀溶液の濃度を変化させた実験的検討を行った．本研究で得られた成果を以下にまとめる．

(1) 噴霧する硝酸銀溶液の濃度が高いほど，C_b の値は大きくなる．また，コンクリートの W/C が高くなるほど，C_b の値は小さくなる．

(2) 0.075mol/l の硝酸銀溶液を約 15mg/cm^2 の噴霧量で噴霧した場合の C_b は，堀口らが報告する C_{lim} にほぼ一致する．

参考文献

1) 土木学会編：2010 年制定コンクリート標準示書(規準偏，土木学会規準および関連規準)

2) 堀口賢一，丸屋剛，武若耕司：腐食発生限界塩化物イオン濃度に及ぼすコンクリート配合への塩化物イオン浸透予測，コンクリート工学年次論文集，vol.29，No.1，pp.1377-1382，2007

3) Y．Aoki，K．Shimano，M．Suzuki：Chloride ion concentration on the discoloration boundary produced by spraying AgNO3 solution，35th Conference on OUR WORLD IN CONCRETE & STRUCTURES，Proceedings，pp.179-184，2010